

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA DIVERSIDAD FITOPLANCTONICA DE CINCO LAGOS DE DIFERENTES NIVELES DE EUTROFICACION DEL AREA LITORAL DE LA REGION DEL BIO BIO (CHILE)

A COMPARATIVE STUDY OF PHYTOPLANKTONIC DIVERSITY IN FIVE COASTAL LAKES WITH DIFFERENT TROPHIC LEVELS IN THE BIO BIO REGION (CHILE)

Oscar Parra*, Silvia Basualto*, Roberto Urrutia* y Claudio Valdovinos*

RESUMEN

Se realizó un estudio anual, con frecuencia estacional de las comunidades fitoplanctónicas de 5 lagos (Chica de San Pedro, Grande de San Pedro, Quiñenco, Lanalhue y Lleu-Lleu) cuyas cuencas hidrográficas están localizadas cercanas a la zona costera de Chile Central. El estudio incluyó diversos parámetros biológicos de estas comunidades, *i.e.*, riqueza específica total, riqueza específica por grupo taxonómico, índice o cociente fitoplanctónico acumulativo, especies más frecuentes, especies más abundantes y densidad celular. Mediante métodos numéricos de clasificación se agruparon los lagos en base a las características de sus comunidades fitoplanctónicas. Los resultados muestran importantes diferencias en las características del fitoplancton entre los cuerpos de agua, como consecuencia de los distintos niveles tróficos; éstos a su vez, reflejan los diversos niveles de intervención que han tenido, tanto a nivel del cuerpo de agua como de cuenca hidrográfica. Una comparación con estudios anteriores ha permitido constatar en tres de los cuerpos de aguas cambios en la composición y abundancia de especies.

PALABRAS CLAVES: Lagos, fitoplancton, composición específica, abundancia, trofia, eutroficación, Chile.

INTRODUCCION

Los componentes bióticos de los ecosistemas son claros indicadores del estado ecológico de los mismos. El análisis de la composición, presencia

ABSTRACT

An annual study based on a seasonal frequency of phytoplanktonic communities from five lakes (Chica de San Pedro, Grande de San Pedro, Quiñenco, Lanalhue y Lleu-Lleu), which hydrographic basins are located near the coastal zone of central Chile, has been carried out. Biological parameters; *i.e.*, total specific richness, specific richness per taxonomic group, accumulative phytoplanktonic index (quotient), most frequent species, most abundant species and cellular density or abundance were studied. The characteristics of the phytoplanktonic community allowed the classification (differentiation among) of lake groups. The results show important differences of phytoplankton characteristics among the water bodies as a consequence of diverse trophic levels, reflecting different levels of intervention, not only on the water body but also on the hydrographic basin level. A comparison with previous studies confirms changes of the composition and the abundance of species in three water bodies.

KEYWORDS: Lakes, phytoplankton, specific composition, abundance, trophic levels, eutrophication, Chile.

de especies características, abundancia y biomasa, proporciona la información primaria necesaria para ello. La estrecha relación existente entre las actividades de la cuenca hidrográfica y la biota de los cuerpos de agua contenidos en ella, requieren un conocimiento exhaustivo de los últimos para tener una idea clara de cómo los acontecimientos o actividades en la cuenca están afectando (perturbando o favoreciendo) la comunidad biótica, hecho que en definitiva se traduce como alteraciones en la rela-

* Unidad de Sistemas Acuáticos, Centro de Ciencias Ambientales, EULA Chile, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile.

ciones tróficas y de producción del sistema (Merilainen *et al.*, 1982).

Las clasificaciones de los cuerpos de agua en diferentes grados de trofías (oligotrofia, mesotrofia y eutrofia) siempre están acompañados de listados de los organismos más frecuentemente encontrados o adaptados a ellos. La clasificación taxonómica de estos organismos está relacionada en base a sus caracteres morfológicos y muchos autores coinciden en aceptar esta ordenación como práctica pero artificial (*e.g.*, Margalef, 1983). No es frecuente encontrar que un sistema pueda ser considerado en tal o cual nivel de trofia estudiando su población zooplanctónica o aun icfícola. Sin embargo, sí podemos encontrar caracterizaciones de ambientes acuáticos exclusivamente en base a su composición fitoplanctónica (Hutchinson, 1957). En embalses españoles se ha constatado que algunas especies de cianofíceas están asociadas a diferentes niveles tróficos. (*e.g.*, *Microcystis aeruginosa* (Kuetz.) Lemm., *Gomphosphaeria lacustris* Chodat, *Anabaena flos-aquae* (Lyngbye) Bréb., son más abundantes en sistemas más eutróficos). Frecuentemente se asocian ciertas especies de este grupo con relaciones determinadas de N:P. Aquellas especies capaces de fijar N serán predominantes en ambientes de bajo N:P (*e.g.*, Nostocales) y las que no, predominan en ambientes de alto N:P (*e.g.*, Oscillatoriales) (Margalef, 1983). Si bien no está totalmente definido el mecanismo que estimula el desarrollo de cepas tóxicas de algunas cianofíceas, generalmente este fenómeno es más frecuente también en sistemas más eutróficos (Reynolds, 1987; Parra *et al.*, 1986).

Este estudio es parte integrante de una investigación de carácter ambiental de cinco sistemas lacustres dulceacuícolas (lagunas Chica y Grande de San Pedro, Quiñenco y lagos Lanalhue y Lleu-Lleu) del área litoral de la Región del Bío Bío (Chile central), cuyo objetivo es lograr un diagnóstico del estado ambiental de cada uno de ellos y, sobre esta base, proponer acciones de manejo para su protección y conservación. La investigación ambiental indicada, de tipo multi- e interdisciplinario, comprendió estudios de carácter comparativo sobre la geomorfología, erosión y usos del suelo de

las cuencas lacustres, la caracterización de la cubierta vegetal, la morfología y batimetría de los cuerpos de agua, la sedimentología (Cisternas *et al.*, 1997a; Cisternas *et al.*, 1997b), la calidad del agua, el bentos, caracterización ambiental, cuyos resultados serán publicados en el futuro. En este contexto, el objetivo del presente estudio es hacer un análisis individual y comparativo de la comunidad fitoplanctónica de los cinco sistemas lénticos, que permita caracterizar cada cuerpo de agua en base a sus respectivas comunidades fitoplanctónicas, teniendo presente las condiciones tróficas de cada uno. Sobre la base de lo anterior, identificar parámetros de referencia de esta comunidad, para establecer indicadores del estado de "salud ambiental" (grado de eutroficación) como también posibilitar la estructuración de un programa de monitoreo, considerando algunas especies del fitoplancton como indicadoras de trofia, que permita la protección y conservación de este importante sistema de lagos costeros, denominados "sistema de lagos Nahuelbutanos".

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

Los sistemas acuáticos estudiados (Figura 1) tienen la característica de ser cuerpos de agua cercanos a la zona litoral marina. Estos poseen similar base geológica, donde las diferencias radican fundamentalmente en los usos de suelo, la intensidad de la actividad forestal silvícola, las actividades turísticas y la ocupación urbana de sus respectivas cuencas hidrográficas (Tabla I).

Estudios previos sobre el fitoplancton de estos lagos corresponden a los de Parra *et al.*, (1976, 1978, 1980, 1981, 1982, 1983, 1986, 1989, 1990) y Dellarossa y Parra (1985). Estos estudios han permitido también comparar temporalmente las comunidades fitoplanctónicas para tres de los cinco lagos estudiados (Chica y Grande de San Pedro, Lanalhue). La Tabla I resume las principales características referidas a sus cuencas, morfología y usos del agua de estos lagos.

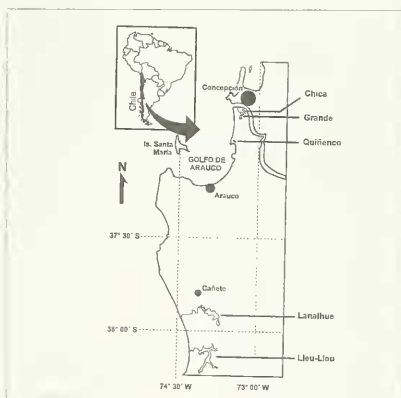


FIGURA 1. Localización de las lagunas Grande de San Pedro, Chica de San Pedro y Quiñenco, y de los lagos Lanahue y Llleu-Llleu.

FIGURE 1. Location of lakes Grande of San Pedro, Chica of San Pedro, Quiñenco, Lanahue and Llleu-Llleu.

TABLA 1. Principales características morfométricas, usos de suelo y usos del recurso hídrico de las cuencas lacustres.

TABLE 1. Major morphometric characteristics, land use and water resource uses of the lacustrine watersheds.

PARAMETRO	Chica de San Pedro	Grande de San Pedro	Quiñenco	Lanahue	Llleu-Llleu	
	Área de la cuenca (km ²)	4,50	12,70	3,0	325,0	670,0
Área del lago (km ²)	0,82	1,55	0,29	31,90	39,80	
Relación área cuenca/área lago	5,5	8,2	10,3	10,2	15,8	
Longitud máxima (km)	1,9	2,7	1,1	9,6	13,2	
Ancho máximo (km)	0,87	1,40	0,36	4,30	3,70	
Profundidad media (m)	10,3	8,3	3,0	13,1	23,5	
Profundidad máxima	18,0	13,5	6,1	26,0	46,5	
Perímetro	5,7	9,4	2,94	58,6	93,0	
Desarrollo línea de costa	1,8	2,1	1,5	2,9	4,2	
Volumen (km ³)	8,64	12,902	-	-	-	
Precipitaciones (mm/año)	1.800	1.800	1.800	2.300	2.300	
Profundidad cripto-depresión	13,0	9,5	1,1	14,0	26,9	
Altura (ms.n.m)	5,0	4,0	5,0	12,0	20,0	
Tiempo teórico de renovación (meses)	-	24,0	-	12,5	2,2	
Usos de la cuenca	Recreativo Turismo Residencial Forestal	Recreativo Turismo Residencial Forestal	Forestal	Recreativo Turismo Residencial Forestal	Recreativo Turismo Forestal Agrícola	Recreativo Turismo Forestal Residencial
Usos del cuerpo de agua	Recreativo Turismo	Recreativo Turismo Cuerpo receptor	Aprovisionamiento agua potable	Recreativo Turismo Cuerpo receptor	Recreativo Turismo	

Obtención de datos

En cada lago se establecieron dos o tres estaciones de muestreo, una en el sector de entrada del (o los) afluentes principales, otra en la zona de mayor profundidad y que generalmente correspondió al centro del lago y finalmente una tercera, en las proximidades del efuente principal del lago. En la estación de centro se muestreó tres niveles de profundidad (superficie, medio y fondo). En las estaciones restantes sólo se muestreó en los niveles de superficie y fondo. Estos se efectuaron en verano (enero 1997), otoño (mayo 1997), invierno (agosto 1997) y primavera (diciembre 1997).

La metodología empleada fue de carácter cualitativa y cuantitativa, por lo que se utilizaron en el muestreo una red de 55 μm de trama y la botella muestreadora Rüttner. De cada una de las profundidades se tomó una alcuota de 200 ml directamente de la botella Rüttner en un frasco de vidrio con tapa atornillada. A cada muestra se agregó suficiente volumen de solución de Lugol para fijar y conservar los microorganismos.

La determinación taxonómica se basó fundamentalmente en los trabajos de Parra *et al.*, 1982, 1983, Rivera *et al.*, 1983. Se trabajó con un microscopio invertido Karl Zeiss y para el recuento se utilizó el procedimiento descrito en Utermöhl (1957).

Análisis de datos

Los lagos fueron comparados entre sí empleando técnicas de clasificación jerárquica (Clifford & Stephenson, 1975). Para ello se construyó un dendrograma que agrupa los 5 lagos estudiados, tomando en cuenta datos de presencia-ausencia de las diferentes especies de microalgas seleccionadas considerando como criterio aquéllas con mayores frecuencias de ocurrencia y abundancias numéricas. Como medida de similitud se utilizó el índice de Jaccard. Para la construcción del dendrograma se utilizó como estrategia de ordenación jerárquica de la matriz de similitud el método de los grupos promedios (UPGMA).

El índice acumulativo fitoplanctónico o índice compuesto se calculó sobre la base del número total de especies de los diversos grupos de algas dividido por el número de especies de la familia Desmidiaceae. El valor que alcanza este índice es una medida del nivel o grado de trofia del lago, ya que se parte de la base que el grupo de las Desmidiaceae corresponde a una familia cuya riqueza específica indica aguas oligotróficas (Nygaard, 1949).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se entregan por separado para cada sistema acuático, indicando la composición específica (Tabla II), ordenada por grupo taxonómico y la estación en que fue determinada. En seguida se presenta un cuadro resumen, también por cada cuerpo acuático (Tablas III, IV, V, VI y VII), donde además de aquellos parámetros relacionados con la riqueza específica se ha agregado un índice o cociente acumulativo fitoplanctónico. También se indican las especies más frecuentes (aquellas que se presentaron en 3 ó 4 estaciones del año), las especies más abundantes por estación del año y la densidad celular total.

Posteriormente, con el objeto de permitir una comparación de los parámetros asociados a las comunidades fitoplanctónicas, se presenta una síntesis general de los cinco sistemas estudiados, siguiendo el patrón descrito anteriormente (Tabla VIII). A continuación se describen y discuten las características más relevantes de las comunidades fitoplanctónicas de estos cinco sistemas lacustres.

Al respecto es importante destacar que todos los sistemas acuáticos estudiados corresponden a la categoría de lagos (Biró, 1974), pero se ha conservado el nombre vernacular de "laguna" para referirse a algunos de ellos (i.e., Laguna Grande de San Pedro).

TABLA II. Composición taxonómica del fitoplancton de los 5 lagos estudiados, durante los periodos de primavera (P), verano (V), otoño (O) e invierno (I).

TABLE II. Phytoplanktonic taxonomic composition of the 5 studied lakes, during Spring (P), Summer (V), Autumn (O) and Winter (I).

Taxa	Chica	Grande	Quíñenco	Lanahue	Llén-lleu
CYANOPHYCEAE					
<i>Anabaena</i> sp.	V		O I P		V
<i>Anabaena spiroides</i> Klebhan				V O I P	
<i>M. aeruginosa</i> (Kuetz.) Lemm.		V O I P			
<i>Microcystis wesenbergii</i> Komárek				V O I P	
<i>Microcystis incerta</i> Lemm.				O V	V P
<i>Microcystis elachista</i> (W. Et West) Starmach	V O I P	I V		V P	V
<i>Chroococcus limneticus</i> Lemm.					O V P
<i>Gloeotece</i> sp.	V				
<i>Gomphosphaeria lacustris</i> Chodat	V O I P	I P		V	V O I P
<i>Dinobryon divergens</i> Imhof	V		V P	P	V P
<i>Mallomonas</i> sp.		O I P	O I P	O I	
<i>Stylococcus aureus</i> Chodat				P	
DINOPHYCEAE					
<i>Peridinium aff. cinctum</i> (Muller) Ehr.					
<i>Peridinium</i> sp.	V P		V	O V	O V P
<i>Protoperidinium pellucidum</i> (Schutt) Balech				I	
<i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech				I	
<i>Protoperidinium steinii</i> (Jørgensen) Balech					O
CRYPTOPHYCEAE					
<i>Rhodomonas lacustris</i> (Pascher et Ruttner) Javorn. I		O I		V O I P	O
<i>Cryptomonas ovata</i> Ehr.		O I			O V I
<i>Cryptomonas erosa</i> Ehr.	O I	O I	V	O I P	O I P
EUGLENOPHYCEAE					
<i>Euglena</i> spp.			V P		
<i>Phacus</i> spp.			I P		
BACILLARYOPHYCEAE					
<i>Asterionella formosa</i> Hassal		O I P			
<i>Asteromphalus heptactis</i> (Breb.) Ralfs					O
<i>A. granulata</i> (Ehr.) Simonsen		V O I P	O I P	V O I P	O V I P
<i>Biddulphia longicruris</i> Ehr.				I	O
<i>Cocconeis placentula</i> Ehr.	I P				
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kuetzing	O I	I	I	I	
<i>Cyclotella stelligera</i> (Cleve & Grunow) V. Heurck		P			
<i>Cyclotella</i> sp.					P
<i>Cylindrotheca closterium</i> (Ehr.) Reimann et Lewin					I
<i>Cymbella affinis</i> Kuetzing			I P	P	I
<i>Cymbella naviculiformis</i> Auersw.				I	I
<i>Cymbella tumida</i> (Bréb.) V. Heurck				I P	
<i>Cymbella</i> sp.	V O I P	O P	O	O P	O
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	O I P			P	O
<i>Epithemia adnata</i> (Kuetz.) Breb.	O	I P	I	I P	O I
<i>Gomphonema</i> sp.		O	O I	O I	O I
<i>Gyrosigma</i> sp.		O			O V
<i>Fragilaria</i> sp.	O	O I P	P	V I P	I P
<i>Hannaea arcus</i> (Ehr.) Patrick		O			V I
<i>Melosira distans</i> (Ehr.) Simonsen		O I P		V O I P	
<i>Melosira dikiei</i> (Twaites) Kuetzing	P			P	P
<i>Melosira varians</i> Agardh		O		V	

Taxa	Chica	Grande	Quiñenco	Lanahue	Lieu-lieu
<i>Navicula cryptocephala</i> Kutz.					P
<i>Navicula viridula</i> (Kutz.) Kutz.	P	OP		OP	OVI
<i>Navicula</i> sp.	OIP	P	IP	OIP	OIP
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Ehr.) Smith	P	OP			O
<i>Nitzschia</i> sp.	O	O			VOIP
<i>Pinnularia major</i> (Kuetzing) Rabenh.	P			V	
<i>Pinnularia</i> sp.					OI
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehr.) Muller	P				P
<i>Surirella guatimalensis</i> Ehr.	IP			YP	OV
<i>Surirella robusta</i> Ehr. v. <i>splendida</i> (Ehr.) V. Heurck		O			
<i>Surirella tenera</i> Gregory	IP	OIP	VIP	OP	VP
<i>Synedra ulna</i> (Nitz.) Ehr.		P	V	O	

CHLOROPHYCEAE

<i>Ankistrodesmus falcatus</i> (Corda) Ralfs		O			
<i>Botryococcus braunii</i> Kuetzing		V	V	V	V
<i>Chlamidocapsa</i> sp.					V
<i>Coclostrum pseudomicroporum</i> Kors.		IP		VI	
<i>Closterium acutum</i> Breb.	I	OIP	P	VOIP	
<i>Closterium aciculare</i> T. West					V
<i>Closterium aff. delpontei</i> (Klebs) Wolle			V		
<i>Closterium kuetzingii</i> Breb.			V		
<i>Closterium prorum</i> Breb.				V	
<i>Crucigeniella apiculata</i> (Lemm.) Komárek				IP	V
<i>Desmidiium swartzii</i> Agardh ex Ralfs					
<i>Dimorphococcus lunatus</i> A. Braun		V	V		
<i>Dyctiosphaerium pulchellum</i> Naegeli				I	
<i>Elakatorhrix gelatinosa</i> Wille	IP	IP			V
<i>Eutetramorus fotti</i> (Hind) Kom.		V			
<i>Eutetramorus</i> sp.					V
<i>Eudorina elegans</i> Ehr.		V			
<i>Gonatozygon monotaenium</i> De Bary			VP		
<i>Gonatozygon pilosium</i> Wolle		V			
<i>Micrasterias radiosa</i> Ralfs			V		
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komarkova-Legnerova			IP		
<i>Nephrocytium agardhianum</i> Naegeli		O			
<i>Oocystis lacustris</i> Chodat		OI		OVI	O
<i>Pediastrum angulosum</i> (Ehr.) Meneghini			V		
<i>Pediastrum boryanum</i> (Ehr.) Meneghini			V		
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen		V			
<i>Pediastrum tetras</i> (Ehr.) Ralfs		O		I	
<i>Pleurotaenium travecula</i> (Ehr.) Naegeli			V		
<i>Quadrigula closteroides</i> (Bohlin) Printz		O			
<i>Scenedesmus cornis</i> (Ralfs) Chodat		OIP		OI	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turpin) Breb.		O		OI	O
<i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat	OIP	VOIP		OI	OV P
<i>Staurodesmus dikiei</i> (Ralfs) Lillieroth			V		
<i>Staurodesmus dejectus</i> (Breb.) Teiling	P	OVP		P	
<i>Staurodesmus mamillatus</i> (Nordstedt) Teiling		O			
<i>Staurodesmus subulatus</i> (Kuetzing) Croasdale		OI	V		
<i>Staurodesmus triangularis</i> (Lagerheim) Teiling	V				
<i>Staurastrum furcigerum</i> Breb.		V	V		
<i>Staurastrum gladiusum</i> Turner			V		
<i>Staurastrum gracile</i> Ralfs		VOIP	P	OIP	
<i>Staurastrum leptacanthum</i> Nordstedt			V		
<i>Staurastrum leptocladum</i> Nordstedt		VOIP		VOIP	
<i>Staurastrum leptocladum</i> v. <i>cornutum</i>		V	V		
<i>Staurastrum manfeldtii</i> Delponte v. <i>annulatus</i>			V		
<i>Staurastrum muticum</i> Breb.		V			

Taxa	Chica	Grande	Quiñenco	Lanahue	Lleu-lleu
<i>Staurastrum orbiculare</i> Ralfs		V			
<i>Staurastrum rotula</i> Nordst. v. <i>smithii</i>	V				
<i>Staurastrum setigerum</i> Cleve			V		
<i>Staurastrum tohopekaligense</i> Wolle			O		
<i>Staurastrum</i> sp.	O	O			
<i>Sphaeroszoma aubertianum</i> West	V	V	V		
<i>Teilingia granulata</i> (Roy et Bisset) Bourrelly	V				
<i>Ulothrix</i> sp.	V				
<i>Volvox aureus</i> Ehr.		V		V	
<i>Xanthidium antilopaeum</i> (Breb.) Kuetzing	V	V	V		

Laguna Chica de San Pedro (Ver Tabla III)

El fitoplancton de esta laguna estuvo integrado por 39 taxa. Las diatomeas (Bacillariophyceae) y las algas verdes (Chlorophyceae) aparecen con el mayor número, 15 cada una, seguida por las Cyanophyceae con 4. El IAF (Índice Acumulativo Fitoplanctónico) oscila entre 3,2 en verano y un 17 en primavera, con un valor anual promedio de 4,38; la variación de este índice se explica porque en verano se integraron al fitoplancton de este lago cinco especies de Desmidiaceae, en cambio en los otros períodos sólo se registró una especie de Desmidiaceae. Las especies más frecuentes a lo largo del año correspondieron a dos Cyanophyceae: *Microcystis elachista* (W. Et G.S. West) Starmach y *Gomphosphaeria lacustris* Chodat, tres Diatomeas: *Cymbella* sp., *Navicula* sp. y *Diploneis subovalis* Cleve; y una Chlorophyceae: *Sphaerocystis Schroeterii* Chodat. De estas seis especies sólo *M. elachista*, *G. lacustris*, *D. subovalis* y *S. Schroeterii* aparecen con abundancias importantes. Otras especies abundantes como *Peridinium* sp., *Dinobryon divergens* Imhof, *Fragilaria* spp., *Elakatothrix gelatinosa* Wille y *Rhodomonas lacustris* (Pascher et Ruttner) Javom. estuvieron presentes sólo en una o dos estaciones durante el año estudiado. En general este lago presenta diferencias en las abundancias de sus fitoplanctones al comparar los cuatro períodos del año. Sólo una especie, *S. Schroeterii*, aparece entre las cinco especies más abundantes en las cuatro estaciones, seguida por la diatomea *D. subovalis*, que se presentó abundante en tres estaciones del año, el resto de las especies sólo se presentaron en cantidades importantes en dos o una estación del año.

En cuanto a la densidad celular, los valores fluctuaron entre un mínimo de 19.300 cél/L. en invierno y un valor máximo de 340.950 cél/L. en verano. El máximo valor de verano fue principalmente aportado por la diatomea *Fragilaria* sp. con un 88,58% de la densidad total, seguida por *Peridinium* sp., con un 5,68%, por *D.*

divergens con un 3,09% y por *S. Schroeterii* sólo con un 0,41%. Las mayores abundancias en las estaciones de otoño, invierno y primavera estuvieron determinadas por *S. Schroeterii* con un 41,71%, 32% y 72% respectivamente. Ninguna especie de Desmidiaceae alcanzó abundancias relevantes en este sistema acuático.

En los trabajos de Parra *et al.*, 1976, 1981 y Dellarossa *et al.*, 1976, se analizó la composición y abundancia de la población fitoplanctónica durante algunos meses invernales y también en un período anual completo. En estos estudios, del total de 95 taxa de fitoplancton determinadas, las más representativas en esta laguna fueron: *Botryococcus braunii* Kuetzing y *S. Schroeterii* como ampliamente dominantes, luego *A. granulata*, *M. elachista* var. *planctonica*, seguidas por otras en menor abundancia como *Dinobryon* sp. y *G. lacustris*. La mayor densidad promedio (entre 0 y 15 m) se obtuvo en el mes de enero con 207.900 cél/L. disminuyendo hacia el final de la primavera (22.950 cél/L. en noviembre) y aumentando nuevamente hasta mayo. La menor densidad promedio se registró en noviembre. Según Parra *et al.* (1981) durante 11 meses dominó la asociación tipo *Botryococcus* y en el mes restante el tipo *Crisoficeo oligotrófico*, según el sistema de Hutchinson (1957). Las conclusiones obtenidas en este estudio muestran que a esa fecha hubo un creciente incremento en la producción fitoplanctónica a causa del aumento de aporte de nutrientes. Estas condiciones ambientales son las determinantes de la composición y abundancia de organismos presentes en el sistema, quienes podrían considerarse característicos de una etapa de transición entre la oligotrofia y la mesotrofia.

En estudios anteriores, como se indicó, se habían citado para el fitoplancton de este lago 95 taxa que contrasta fuertemente con las 39 taxa encontrados en este estudio de frecuencia estacional. El grupo que presentó una declinación mayor fue el de las Chlorophyceae y de éste particularmente el

grupo de las Desmidiaceae. Por otra parte, en los estudios anteriores (Parra *et al.*, *op. cit.*) se indicó que las especies más representativas, tanto en términos de frecuencia como de abundancia, fueron dos Chlorophyceae: *S. schroeterii* y *B. braunii*, esta última detectada en este estudio en muy baja densidad y sólo en verano.

En la época en que se efectuaron los estudios anteriores este lago no había sido invadido todavía

por la macrófita *Egeria densa* Planchon, la cual hoy día se distribuye por toda la orilla del cuerpo acuático, hasta la cota de 5 metros de profundidad. Como se sabe (Round, 1981), asociada a esta macrófita crece una comunidad epifítica exuberante que junto a la propia población de la macrófita ha pasado a tener un rol relevante en el metabolismo del lago y seguramente ha sido un factor importante en los cambios que se han detectado en la comunidad fitoplanctónica.

Tabla III. Laguna Chica de San Pedro: Principales características de la comunidad fitoplanctónica durante los cuatro periodos de muestreo.

TABLE III. Chica of San Pedro lake: Major characteristic of phytoplanktonic community, during the four sampling period.

Variabes	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Riqueza específica	16	13	14	17
Número de taxa por grupo	Chlorophyceae (10 spp) Cyanophyceae (4 spp)	Bacillariophyceae (7 spp) Cyanophyceae (2 spp)	Bacillariophyceae (7 spp) Chlorophyceae (3 spp)	Bacillariophyceae (11 spp) Chlorophyceae (3 spp)
Número de Desmidiaceae	5	1	1	1
Índice fitoplanctónico acumulativo	3,2	13	14	17
Taxa más abundantes	<i>Fragilaria</i> sp.1 <i>Peridinium</i> sp. <i>D. divergens</i> <i>Fragilaria</i> sp.2 <i>S. schroeterii</i>	<i>M. elachista</i> <i>Sphaerocystis schroeterii</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>G. lacustris</i> <i>D. subovalis</i>	<i>S. schroeterii</i> <i>D. subovalis</i> <i>E. gelatinosa</i> <i>R. lacustris</i> <i>G. lacustris</i>	<i>S. schroeterii</i> <i>D. subovalis</i> <i>M. elachista</i> <i>Peridinium</i> sp.
Densidad celular (cél. · L ⁻¹) promedio	340.950	109.880	19.300	21.700

Laguna Grande de San Pedro (Ver Tabla IV)

El fitoplancton estuvo integrado por 57 taxa, siendo el grupo de las Chlorophyceae el de mayor riqueza específica con 31 especies, seguido por las Bacillariophyceae o Diatomeas con 19 especies; la familia Desmidiaceae aparece con 13 especies. El IAF presenta un rango de 2,22 en verano a uno de 6,0 en invierno. Esta laguna presenta un mayor número de especies frecuentes, 12 especies repartidas entre Cyanophyceae (1), Chrysophyceae (1), Bacillariophyceae (5), Chlorophyceae (5). De éstas sólo *M. aeruginosa*, *Asterionella formosa* Hassal, *A. granulata*, *Melosira distans* (Ehr.) Kuetzing, *S. schroeterii* y *Scenedesmus ecomis* (Ralfs) Chodat están representadas con abundancias importantes. Al analizar las abundancias por estaciones del año, *Eutetranoorus fotti* (Hind) Kom. (Chlorophyceae) aparece en verano con un 72,64%, seguido por la diatomea *A. granulata* con un 21,45%; en

cambio en otoño la abundancia está dada, principalmente, por *M. distans*, seguida de lejos por *A. granulata* y *A. formosa* con 6,6 y 5,53%, respectivamente; en invierno hay una notable dominancia de *M. distans* con un 88,07%, seguida de nuevo por *A. granulata*; en primavera se invierte la dominancia a *A. granulata*, seguida por *Coelastrum pseudomicroporum* Kors. con un 22,00% y *M. distans* con un 11,08%.

De lo anterior se deduce que son especies de diatomeas las que canalizan la producción primaria en este lago. *A. granulata* y *M. distans* son sin duda las especies más representativas de este cuerpo de agua. Es destacable también la presencia y abundancia de *M. aeruginosa*, una especie de Cyanophyceae típicamente indicadora de eutrofia. En cuanto a la densidad celular, ésta fluctuó de un valor mínimo en verano de 172.063 células/L, a un valor máximo de 1.074.230 células/L, en invierno; estos máximos valores de invierno fueron dados por la abundancia de *M.*

distanis (1.000.620 cél/L.). Al igual que para Laguna Chica de San Pedro, ninguna Desmidiaceae alcanzó abundancias relevantes.

Parra *et al.* (1980) detectaron la presencia de una proliferación de *M. aeruginosa*, que fue acompañada por 30 especies de los grupos Bacillariophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae y Euglenophyceae. Las especies cuantitativamente más representativas que acompañaron la floración fueron: *A. granulata*, *S. schroeterii*, *Staurastrum leptocladum* Nordstedt, *Staurodesmus cuspidatus* (Bréb.) Teiling, *Staurodesmus triangularis* (Lagerheim) Teiling, *Coelastrum cambricum* Arch., *Mallomonas* spp., *Trachelomonas* spp. En el estudio de Dellarossa y Parra (1985) se determinaron 77 taxa, de las cuales 14 conformaron más del 90% de la biomasa resultante de tres muestreos realizados entre diciembre de 1984 y abril de 1985. Figuran en primer término: *M. aeruginosa*, *M. elachista* var. *planctonica*, *A. granulata*, *A. formosa*, *Peridinium* aff. *cinctum* (Muller) Ehrenberg, *Rhodomonas minuta* Skuja, *Cryptomonas* aff. *ovata* Ehrenberg. Las asociaciones establecidas fueron del tipo: "Dinoficeo-eutrófico", "Diatomeo-eutrófico", "Cianoficeo-eutrófico" y "Clorococcal-eutrófico". En esa época se destacaba también el desarrollo de las macrofitas *E. densa* en la zona más profunda y *Limnobiium*

laevignatum (Humb. et Bonpl.) Heine en la zona más superficial, con intensa velocidad de propagación y que en este sistema forman un cordón litoral.

Para el período comprendido entre diciembre de 1988 y diciembre de 1989 (Parra *et al.*, 1989, 1990) se determinaron 157 taxa de fitoplancton, de las cuales 57 representaron el 90% de la biomasa. Entre ellas se encuentran: *M. aeruginosa*, *M. incerta*, *Chroococcus limneticus* Lemm., *G. lacustris*, *D. divergens*, *Mallomonas* spp., *P. aff. cinctum* (Muller) Ehrenberg, *R. lacustris* Skuja, *Euglena* spp., *A. granulata*, *Volvox aureus* Ehrenberg, *Staurodesmus* spp. Las mayores abundancias poblacionales se registraron entre mitad de enero y mitad de abril, con los máximos en febrero.

Las macrofitas presentes tuvieron un límite de distribución vertical de 5 m y se encontraron circundando prácticamente todo el cuerpo de agua. La secuencia típica encontrada desde la zona más profunda a la más litoral fue: *E. densa* (enraizada) seguida de *L. laevignatum* (flotante).

Floraciones algales de *M. aeruginosa* o de *A. formosa* no fueron detectadas en este estudio de carácter estacional, a diferencia de los estudios anteriores, previamente citados.

TABLA IV. Laguna Grande de San Pedro: Principales características de la comunidad fitoplanctónica durante los cuatro períodos de muestreo.

TABLE IV. Grande of San Pedro lake: Major characteristic of phytoplanktonic community, during the four sampling period.

Variables	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Riqueza específica	20	34	24	23
Número de taxa por grupo	Chlorophyceae (17 spp) Cyanophyceae (2 spp)	Chlorophyceae (15 spp) Bacillariophyceae (7 spp)	Chlorophyceae (11 spp) Bacillariophyceae (7 spp)	Bacillariophyceae (11 spp) Chlorophyceae (9 spp)
Número de Desmidiaceae	9	7	4	4
Índice fitoplanctónico acumulativo	2,22	4,85	6,0	5,75
Taxa más abundantes	<i>E. fotti</i> <i>A. granulata</i> <i>C. acutum</i> <i>Anabaena</i> sp.	<i>M. distans</i> <i>M. aeruginosa</i> <i>A. granulata</i> <i>A. formosa</i> <i>R. lacustris</i>	<i>M. distans</i> <i>A. granulata</i> <i>S. schroeteri</i> <i>M. contortum</i> <i>S. ecomis</i>	<i>A. granulata</i> <i>C. pseudomicroporum</i> <i>M. distans</i> <i>S. schroeterii</i> <i>M. contortum</i>
Densidad celular (cél. · L ⁻¹) (promedio)	172.063	306.270	1.074.230	398.833

Laguna Quiñenco (Ver Tabla V)

Este pequeño lago presentó un fitoplancton bastante particular, con un total de 39 especies, siendo las Chlorophyceae el grupo de mayor riqueza específica (22), de los cuales 16 fueron Desmidiaceae, y en su mayoría (15) presentes sólo en la estación de verano. Las Diatomeas fue el segundo grupo más numeroso con 10 especies; el resto de los grupos taxonómicos estuvo ausente o muy pobremente representado. Si bien el número de especies de este lago aparece similar al de la laguna Chica de San Pedro, al hacer un análisis de su distribución temporal se observa que la mayoría de ellas se presentaron en verano y una buena parte no estuvieron presentes en las otras estaciones.

El IAF osciló entre 1,60 en la estación de verano, a 6,0 en otoño; esta diferencia está esencialmente marcada por la variación en la distribución temporal del grupo de las Desmidiaceae y el número total de especies que es muy variable estacionalmente.

Las especies más frecuentes son poco numerosas, sólo cuatro de ellas aparecen en tres estacio-

nes del año, éstas son *Mallomonas* sp., *Anabaena* sp., *A. granulata* y *Suirella tenera* Greg. Todas estas especies presentan abundancias muy bajas, distribuidas en un gran número de especies y casi ninguna de ellas son relevantes.

Sólo en la estación de verano fue posible realizar un conteo de la densidad celular, ya que el material particulado en suspensión fue mucho menor al encontrado en las otras estaciones, lo cual imposibilitó el conteo de los pocos individuos presentes en las muestras analizadas. Sólo en el muestreo de verano fue posible realizar este conteo, el cual mostró que las principales abundancias estuvieron representadas por *D. divergens* y *Fragilaria* sp. El mayor valor de densidad celular encontrado en verano fue de 75.515 cél./L., el cual es muy inferior a los valores encontrados en los otros sistemas acuáticos.

La información anterior relativa a laguna Quiñenco (Dellarossa & González, 1982) es escasa y fragmentaria, por lo cual no es posible comparar la información del fitoplancton, del cual sólo de concian cuatro especies de Cyanophyceae, ya que los otros grupos taxonómicos no habían sido estudiados.

Tabla V. Laguna Quiñenco: Principales características de la comunidad fitoplanctónica durante los cuatro períodos de muestreo.

TABLE V. Quiñenco lake: Major characteristic of phytoplanktonic community, during the four sampling period.

Variables	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Riqueza específica	24	6	10	13
Número de taxa por grupo	Chlorophyceae (3 spp)	Bacillariophyceae (3 spp)	Bacillariophyceae (7 sp)	Bacillariophyceae (5 spp) Euglenophyceae (2 spp) Chrysophyceae (2 spp)
Número de Desmidiaceae	15	1	-	3
Índice fitoplanctónico acumulativo	1,60	6,0	-	4,33
Taxa más abundantes	<i>G. monotacnium</i> <i>X. antilopaenm</i> <i>S. mandfeltii</i> <i>S. tenera</i> <i>Anabaena</i> sp.	<i>Mallomonas</i> sp. <i>Anabaena</i> sp. <i>Cymbella</i> sp. <i>A. granulata</i> <i>S. tohopekaligense</i>	<i>A. granulata</i> <i>C. affinis</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Mallomonas</i> sp. <i>S. tenera</i>	<i>D. divergens</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>Anabaena</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>C. acutum</i>
Densidad celular (cél. · L ⁻¹) promedio				77.515

Lago Lanalhue (Ver Tabla 6)

En este lago se determinó un total de 48 especies, donde las Bacillariophyceae fueron las mejor representadas en número de especies (20) seguidas por las Chlorophyceae (15); de éstas sólo cuatro fueron Desmidiaceae. En general este lago presentó cierta uniformidad en la distribución temporal de las especies, lo cual se evidencia en los valores que alcanza el JAF; éste osciló entre 5.5 en otoño y 9.33 en invierno.

De las 12 especies más frecuentes seis de ellas corresponden a aquellas que presentan las mayores abundancias, éstas son: *Anabaena spiroides* Klebhan, *Microcystis wessenbergii* Komárek, *R. lacustris*, *A. granulata*, *M. distans*. Las especies más representativas en términos de frecuencia y abundancia son: *A. spiroides*, *A. granulata*, *M. wessenbergii*, *R. lacustris*, *M. distans* y *S. schoeterii*. En general, el plancton de este lago es bastante uniforme durante el año.

En cuanto a la densidad celular, ésta varió desde 254.336 cél/L en otoño, y 1.135.260 en invierno. Los máximos valores de abundancia en invierno fueron dados por *A. granulata* (58,49%) y *A. spiroides* (23,51%).

La lista completa de las especies fitoplanctónicas determinadas anteriormente para este sistema acuático se encuentra en el informe de Dellarossa & Parra (1985). Las principales especies que contribuyeron con una

biomasa superior al 90% fueron: *M. aeruginosa*, *M. elachista* var. *planctonica*, *G. lacustris*, *Anabaena* sp., *A. granulata*, *M. distans*, *A. formosa*, *R. minuta*, *Planctonema lauterbornii* Schmidle y *Monoraphidium* spp. Los autores establecen las asociaciones según el criterio de Hutchinson (1967), determinándose dos grupos: Plancton clorococcal eutrófico, Plancton cianofíceo eutrófico.

En el presente estudio, el plancton primaveral estuvo dominado por Cyanophyceae, Chlorophyceae y Bacillariophyceae. El de verano por Cyanophyceae y le siguen las otras dos clases ya mencionadas. Lo mismo ocurre en otoño donde se hacen más notorias las diferencias entre la primavera y las otras dos estaciones.

Sobre la base de los datos físico-químicos y datos de productividad y composición del fitoplancton, este sistema había sido caracterizado tróficamente como de un estado intermedio entre la mesotrofia y la eutrofia (Dellarossa & Parra, 1985).

Comparando con estudios anteriores (Dellarossa & Parra, 1985), el número de especies es casi el mismo, pero existen algunas diferencias en la composición de especies presentes. A diferencia de las lagunas Chica y Grande de San Pedro, se observa una mayor estabilidad de la estructura comunitaria del fitoplancton entre ambos períodos estudiados. Prácticamente, los cambios de las especies más frecuentes y abundantes son mínimos.

TABLA VI. Lago Lanalhue: Principales características de la comunidad fitoplanctónica durante los cuatro períodos de muestreo.

TABLA VI. Lanalhue lake: Major characteristic of phytoplanktonic community, during the four sampling period.

Variables	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Riqueza específica	19	22	28	25
Número de taxa por grupo	Chlorophyceae (6 spp) Bacillariophyceae (5 spp) Cyanophyceae (5 spp)	Bacillariophyceae (8 spp) Chlorophyceae (7 spp)	Bacillariophyceae (11 spp) Chlorophyceae (10 spp)	Bacillariophyceae (13 spp) Chlorophyceae (4 spp)
Número de Desmidiaceae	3	4	3	4
Índice fitoplanctónico acumulativo	6,0	5,5	9,33	6,25
Taxa más abundantes	<i>M. varians</i> <i>P. major</i> <i>A. spiroides</i> <i>A. granulata</i> <i>R. lacustris</i>	<i>A. granulata</i> <i>A. spiroides</i> <i>M. distans</i> <i>S. schoeterii</i> <i>M. wessenbergii</i>	<i>A. granulata</i> <i>A. spiroides</i> <i>S. schoeterii</i> <i>M. distans</i> <i>R. lacustris</i>	<i>A. granulata</i> <i>M. dikiei</i> <i>D. divergens</i> <i>A. spiroides</i> <i>M. wessenbergii</i>
Densidad celular (cél. L ⁻¹) promedio	303.195	254.336	1.135.260	289.642

Lago Lleu-Lleu (Ver Tabla VII)

El fitoplancton de este lago estuvo representado por 44 especies, siendo el grupo de las Bacillariophyceae el de mayor representación con sus 24 especies, seguido de lejos por las Chlorophyceae con sólo 9 especies; no existiendo representación de la familia Desmidiaceae, lo que resulta muy notable. El IAF no pudo ser calculado por no estar representada esta familia.

Este lago es el que presenta mayor uniformidad temporal, tanto en términos de las especies más frecuentes y las más abundantes; esto

indica que las condiciones ambientales del lago no cambian a través de las estaciones, como es el caso de los otros cuatro lagos estudiados. Otro aspecto que refuerza esto es que en las cuatro estaciones siempre la especie más abundantes es *A. granulata*, seguida por *G. lacustris* durante tres estaciones del año.

La densidad celular varió de un valor de 43.461. cél/L en invierno a 215.147 cél/L en verano. En ambos valores y en general en las cuatro estaciones del año, la dominancia de *A. granulata* es notoria, seguido por una Cyanophyceae (*G. lacustris*).

TABLA VII. Lago Lleu-Lleu: Principales características de la comunidad fitoplanctónica durante los cuatro períodos de muestreo.

TABLE VII. Lleu-Lleu lake: Major characteristic of phytoplanktonic community, during the four sampling period.

VARIABLES	Verano	Otoño	Invierno	Primavera
Riqueza específica	22	24	15	16
Número de taxa por grupo	Chlorophyceae (7 spp) Bacillariophyceae (7 spp)	Bacillariophyceae (14 spp) Chlorophyceae (3 spp) Cyanophyceae (3 spp)	Bacillariophyceae (12 spp) Cryptophyceae (2 spp)	Bacillariophyceae (9 spp) Cryptophyceae (3 spp)
Número de Desmidiaceae	0	0	0	0
Índice fitoplanctónico acumulativo	-	-	-	-
Taxa más abundantes	<i>A. granulata</i> <i>G. lacustris</i> <i>D. divergens</i> <i>M. elachista</i> <i>E. font</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. lacustris</i> <i>C. limneticus</i> <i>C. apiculata</i> <i>Peridinium</i> sp.	<i>A. granulata</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>Peridinium</i> sp. <i>C. erosa</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. lacustris</i> <i>C. limneticus</i> <i>D. divergens</i> <i>S. Schroeterii</i>
Densidad celular (cél. · L ⁻¹) promedio	215.147	174.865	43.460	87.842

Una comparación mediante análisis conglomerados de los datos presentados en la tabla 8, empleando datos presencia-ausencia de las diferentes especies de microalgas seleccionadas por su frecuencia de ocurrencia y/o por su abundancia numérica (Figura 2), permite

reconocer 3 grupos de lagos: Grupo 1, compuesto por la Laguna Chica de San Pedro y el Lago Lleu-Lleu; Grupo 2, compuesto por el Lago Lanahue y la Laguna Grande de San Pedro, y el Grupo 3, integrado sólo por la Laguna Quiñenco.

TABLA VIII. Cuadro comparativo de la comunidad fitoplanctónica de los 5 lagos estudiados.

TABLE VIII. A comparative analysis of the phytoplanktonic community of the 5 studied lakes.

Parámetros Comunitarios	Laguna Chica de San Pedro	Laguna Grande de San Pedro	Laguna Quiñenco	Lago Lanahue	Lago Lleu-Lleu
Riqueza específica	39	57	39	48	44
Grupos taxonómicos con mayor riqueza de especies	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae	Chlorophyceae Bacillariophyceae Cyanophyceae	Chlorophyceae Bacillariophyceae Chrysophyceae	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae	Bacillariophyceae Chlorophyceae Cyanophyceae
Taxa Cyanophyceae	4	3	1	5	5
Taxa Chrysophyceae	1	1	2	3	1
Taxa Xanthophyceae	-	-	-	-	-
Taxa Dinophyceae	2	-	1	3	2
Taxa Cryptophyceae	2	3	1	2	3
Taxa Euglenophyceae	-	-	2	-	-
Taxa Bacillariophyceae	15	19	10	20	24
Taxa Chlorophyceae	15	31	22	15	9
Taxa Desmidiaceae	9	13	16	4	-
Taxa marinos	-	-	-	3	3
Índice acumulativo fitoplanctónico	4,33	4,38	2,43	12,0	-
Especies más frecuentes	<i>M. elachista</i> <i>G. lacustris</i> <i>Cymbella</i> sp. <i>Navicula</i> sp. <i>D. subovalis</i> <i>S. schroeterii</i>	<i>M. aeruginosa</i> <i>Mallomonas</i> sp. <i>A. formosa</i> <i>A. granulata</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>M. distans</i> <i>S. tenera</i> <i>C. acutum</i> <i>S. ecomis</i> <i>S. dejectus</i> <i>S. gracile</i> <i>S. leptocladum</i>	<i>Anabaena</i> sp. <i>Mallomonas</i> sp. <i>A. granulata</i> <i>S. tenera</i>	<i>A. spiroides</i> <i>M. wessenbergii</i> <i>R. lacustris</i> <i>C. erosa</i> <i>A. granulata</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>M. distans</i> <i>Navicula</i> sp. <i>C. acutum</i> <i>O. lacustris</i> <i>S. gracile</i> <i>S. leptocladum</i>	<i>C. limneticus</i> <i>G. lacustris</i> <i>Peridinium</i> sp. <i>C. ovata</i> <i>C. erosa</i> <i>A. granulata</i> <i>N. viridula</i> <i>Navicula</i> sp. <i>Nitzschia</i> sp. <i>S. schroeterii</i>
Especies más abundantes	<i>S. schroeterii</i> <i>M. elachista</i> <i>Fragilaria</i> sp. <i>D. subovalis</i> <i>Peridinium</i> sp.	<i>M. distans</i> <i>A. granulata</i> <i>E. fotti</i> <i>S. schroeterii</i> <i>M. contortum</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. monotaenium</i> <i>Mallomonas</i> sp. <i>D. divergens</i> <i>X. antilopaenium</i> <i>Anabaena</i> sp.	<i>A. granulata</i> <i>A. spiroides</i> <i>M. varians</i> <i>M. dikiei</i> <i>S. schroeterii</i> <i>M. distans</i> <i>M. wessenbergii</i>	<i>A. granulata</i> <i>G. lacustris</i> <i>C. limneticus</i> <i>D. divergens</i> <i>M. elachista</i> <i>Fragilaria</i> sp.
Promedio (cél.- L ⁻¹)	122.957	487.849	77.515	495.608	130.328
Máxima densidad celular y estación (cél.- L ⁻¹)	340.950 (verano)	1.074.230 (invierno)	77.515 (primavera)	1.135.260 (invierno)	205.147 (verano)

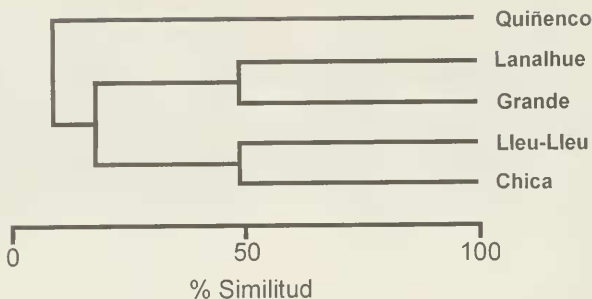


FIGURA 2. Dendrograma que agrupa los 5 lagos estudiados, empleando datos presencia-ausencia de las diferentes especies de microalgas seleccionadas por su frecuencia de ocurrencia y por su abundancia numérica.

FIGURE 2. Dendrogramme grouping the 5 studied lakes, using presence-absence information of selected microalgae species per frequency and occurrence and per numerical abundance.

CONCLUSIONES

Considerando que el componente fitoplanctónico es un elemento capaz de reflejar íntegramente la influencia temporal y espacial de las condiciones ambientales que posee un ecosistema acuático, y así ser muy útil para clasificar un cuerpo acuático, podemos concluir lo siguiente:

- 1) De los tres cuerpos de aguas que poseían información sobre el fitoplancton, se ha detectado importantes cambios en la composición específica y abundancias relativas de las especies, especialmente en el caso de las lagunas Chica y Grande de San Pedro y un leve cambio en el Lago Lanalhue. Estos cambios se han reflejado mayormente en el grupo de las algas verdes o Chlorophyceae, y dentro de éste, particularmente en las Desmidiaceae, grupo muy sensible a cambios de condiciones ambientales, especialmente aquéllos asociados a contaminación orgánica.
- 2) En los mismos tres lagos nombrados anteriormente se habían registrado floraciones acuáticas ("blooms"), los cuales no se detectaron en el presente estudio. Los "blooms" detectados anterior-

mente han sido ocasionados por especies del género *Microcystis*, que para el caso de Laguna Grande de San Pedro correspondió a la especie *M. aeruginosa*, para el Lago Lanalhue *M. wessenbergii* y para la Laguna Chica de San Pedro, importantes abundancias de *B. braunii*. Esta situación también es un indicio que las condiciones ambientales de estos lagos han cambiado, y esto se está reflejando en la composición y abundancias de la comunidad fitoplanctónica.

- 3) El análisis comparativo de los parámetros asociados a la comunidad fitoplanctónica de los cinco lagos, muestra que cada uno de ellos presenta una comunidad particular, con diferencias notables entre ellos y por lo tanto no existe un patrón que los asimile.
- 4) En ninguno de los lagos estudiados se detectaron floraciones algales o abundancias relevantes de especies indicadoras de contaminación orgánica.
- 5) Se postula, sobre la base de la composición específica, especies más frecuentes y más abundantes, así como la densidad total del fitoplancton, la siguiente clasificación trófica: oligotrofia para el lago Lleu-Lleu, una mesotrofia a una ligera eutrofia

para la laguna Chica de San Pedro, eutrofia para Laguna Grande y Lanalhue y una condición trófica particular, que correspondería a una distrofia producto del material particulado orgánico y probablemente una importante concentración de material húmico, para Laguna Quiñenco.

6) La clasificación numérica de los datos muestra que el cuerpo de agua más diferente es Laguna Quiñenco y las más afines Laguna Grande de San Pedro y Lanalhue.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Hugo Campos (q.e.p.d), Dra. María Mardones, Dalba Avilés, Marco Cisternas, Elizabeth Araya, Ricardo Figueroa y Alberto Araneda, por su valiosa ayuda en terreno y por sus comentarios sobre el manuscrito. Esta investigación fue financiada por los Proyectos FONDECYT N° 196-0600 y DIUC N° 96.310.022-1.1D.

BIBLIOGRAFIA

BIRO, L. 1974. Apuntes de Geología. Departamento de Geología, Universidad de Concepción. 153 pp.

CISTERNAS, M., A. ARANEDA, O. RETAMAL & R. URRUTIA. 1997a. Variaciones históricas en las tasas de erosión-sedimentación de un cuerpo lacustre antropizado: utilización de geocronología radioisotópica. Rev. Geogr. Norte Grande 24: 151-156.

CISTERNAS, M., A. ARANEDA, O. RETAMAL & R. URRUTIA. 1997b. Sedimentos como indicadores de eventos erosivos en una pequeña cuenca lacustre de Chile Central. Espacio y Desarrollo 9: 102-116.

CLIFFORD, H.T. & W. STEPHENSON. 1975. An introduction to numerical classification, Academic Press, New York. 229 pp.

DELLAROSSA V. & M. GONZÁLEZ. 1982. Estudios limnológicos en el sistema de lagunas al Sur del Biobío (Lagunas Grande y Chica de San Pedro, La Posada y Quiñenco), VIII Región, Concepción, Chile. Vicerrectoría de Investigación Científica, Proyecto 2.08.82, Universidad de Concepción, 209 pp.

DELLAROSSA, V., E. UGARTE & O. PARRA. 1976. Estudio limnológico de las lagunas Chica de San Pedro, La Posada y Lo Méndez - II. Aspectos cuantitativos del plancton invernal y su relación con algunas características físicas y químicas del ambiente. Bol. Soc. Biol. Concepción 50:87-101.

DELLAROSSA, V. & O. PARRA. 1985. Estudio de la Laguna

Grande de San Pedro y del Lago Lanalhue. Red Nacional Mínima de Control de Lagos. Convenio Dirección General de Aguas y Universidad de Concepción.

HUTCHINSON, G.E. 1957. A Treatise of Limnology. Vol. 1. Geography, Physics and Chemistry. Wiley, New York. 1.015 pp

JAQUE E. & P. MANZANAREZ. (En prensa). Evaluación de la erodabilidad hídrica en una cuenca hidrográfica lacustre del litoral central (Laguna Quiñenco). Agro-Ciencias.

JAQUE E. & M. CISTERNAS. (En prensa). Integración de dos metodologías para la evaluación de la erosión en la cuenca de la Laguna Chica de San Pedro. Rev. Geogr. De Chile, Terra Australis.

MARGALEF R. 1983. Limnología. Ed. Omega. Barcelona, 1010 pp.

MERILAINEN, J., P. HUTTUNEN & K. PIRTIALA. 1982. The effect of land use on the diatom communities in lakes. Hydrobiología 86: 99-103

NYGAARD, G. 1949. Hydrobiological studies in some ponds and lakes. II: The quotient hypothesis and some new or little known phytoplankton organisms. Biol. Skr. 7: 1-293.

PARRA, O., V. DELLAROSSA & E. UGARTE. 1976. Estudio limnológico de las lagunas Chica de San Pedro, La Posada y Lo Méndez - I. Análisis cuali- y cuantitativo del plancton invernal. Bol. Soc. Biol. Concepción 50: 87-101.

PARRA, O., E. UGARTE & V. DELLAROSSA. 1978. Estudios limnológicos comparativos de las lagunas Chica de San Pedro, La Posada y Lo Méndez; consideraciones acerca de su contaminación. Universidad de Concepción, 52 pp.

PARRA, O., E. UGARTE, L. BALABANOFF, S. MORA, M. LIEBERMANN & A. ARON. 1980. Remarks on a bloom of *Microcystis aeruginosa*. Nova Hedwigia 33: 971-1004.

PARRA, O., E. UGARTE & V. DELLAROSSA. 1981. Periodicidad estacional y asociaciones en el fitoplancton de tres cuerpos lénticos en la región de Concepción, Chile. Gayana Bot. 36: 1-35.

PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA & M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. I: Cyanophyceae. 70 pp.

PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA & M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. II: Chrysophyceae-Xanthophyceae. 82 pp.

PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA & M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. III: Chytophyceae, Dinophyceae y Euglenophyceae. 99 pp.

- PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA & M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. V: Chlorophyceae, Parte I: Volvocales, Tetrasporales, Chlorococcales y Ulothricales. 151 pp.
- PARRA, O., M. GONZÁLEZ, V. DELLAROSSA, P. RIVERA & M. ORELLANA. 1982. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. V: Chlorophyceae, Parte II: Zygnematales. :152-353.
- PARRA, O., D. AVILÉS, J. BECERRA, V. DELLAROSSA & R. MONTOYA. 1986. First toxic blue-green algal bloom recorder for Chile: a preliminary report. *Gayana Bot.* 43 (1-4): 15-17.
- PARRA, O., V. DELLAROSSA, M. CONEJEROS, H. CAMPOS & W. STEFFENS. 1989. Estudio de la eutroficación de las lagunas Grande de San Pedro y las Tres Pascualas. Convenio Ilustre Municipalidad de Concepción y Universidad de Concepción.
- PARRA, O. 1989. La eutroficación de la Laguna Grande de San Pedro: Un caso de estudio. *Amb. y Des.*, 5 (1): 117-136.
- PARRA, O., C. JARA & L. GUZMÁN. 1989. Las Lagunas intraurbanas de Concepción: Estado actual y perspectivas de recuperación y uso. *Actas del III Encuentro Nacional del Medio Ambiente*: 301-313.
- PARRA, O., E. UGARTE, L. BALABANOFF, S. MORA, M. LIEBERMANN & A. ARON. 1990. Remarks on a bloom of *Microcystis aeruginosa* Kuetzing. *Nova Hedwigia* 33: 971-1004.
- REYNOLDS, C. S. 1987. Community organization in the freshwater plankton. In: *Organization of communities, past and present*. Ed. J. H. R. Gee & P. S. Giller. Blackwell, Oxford. pp. 297-395.
- RIVERA, P., O. PARRA, M. GONZALEZ, V. DELLAROSSA & M. ORELLANA. 1983. Manual taxonómico del fitoplancton de aguas continentales: con especial referencia al fitoplancton de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Vol. IV: Bacillariophyceae. 97 pp.
- ROUND, F.E. 1981. *The Ecology of Algae*. Cambridge University Press. 653 pp.
- UTHERMOHL, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Vereinigung Theor. Angew. Limnol.* 15: 158-163.
- VOLLENWEIDER, R.A. 1990. Eutrophication: Conventional and non conventional considerations and comments on selected topics. In R. De Bernardi, G. Giussani and L. Barbanti (eds.), *Scientific Perspectives in Theoretical and Applied Limnology*. Mem. Ist. Ital. Idrobiol., 47:77-134.

Fecha de publicación: 30.12.1999